



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Innovazione per l'involucro architettonico: Smart Facade per edifici non residenziali

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Innovazione per l'involucro architettonico: Smart Facade per edifici non residenziali / M. Sala; R. Romano. - In: TECHNE. - ISSN 2239-0243. - ELETTRONICO. - 02:(2011), pp. 158-169.

Availability:

This version is available at: 2158/745926 since:

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

Innovazione per l'involucro architettonico: *Smart Facade* per edifici non residenziali

Marco Sala marco_sala@unifi.it
Rosa Romano rosa.romano@unifi.it

Abstract. La ricerca analizza la recente evoluzione registrata nel settore della progettazione e della produzione di componenti di involucro intelligente, costituiti da layer dinamici, in funzione dell'esigenza di individuare i parametri tecnologici, funzionali, qualitativi e prestazionali che guidano le scelte degli attori del processo di innovazione e li spingono a sviluppare soluzioni e proposte finalizzate a trasformare l'involucro dell'edificio da elemento statico ad elemento dinamico, capace di interagire, attraverso l'interoperabilità dei suoi componenti, con gli input dell'ambiente interno ed esterno, rispetto al quale l'involucro è collocato come sistema di confine e delimitazione.

Il programma di ricerca, sviluppato nell'ambito della tesi di dottorato "Smart Skin Envelope: Sistemi di facciata intelligenti per il risparmio energetico" e della ricerca "Abitare Mediterraneo", indaga, in particolare, il settore degli Smart Envelopes, ponendosi come obiettivo prioritario quello di individuarne e definirne le prestazioni energetiche, sia attraverso l'analisi dello stato dell'arte che attraverso lo sviluppo di un componente di facciata dinamico.

Parole chiave: Involucro architettonico, Componenti dinamici di facciata, Risparmio energetico, Energie rinnovabili

La necessità di sviluppare un sistema di facciata capace di garantire prestazioni energetiche flessibili e adeguate alle condizioni climatiche mediterranee, ci ha condotto ad indagare la tematica dei sistemi di facciata doppia pelle trasparente cercando di sviluppare un nuovo componente di chiusura verticale caratterizzato dalla possibilità di variare la sua configurazione nell'arco dell'anno in corrispondenza del passare delle stagioni. Il componente dinamico è frutto di un lavoro di ricerca avviato con la collaborazione del Centro di Ricerca Interuniversitario ABITA¹ di Firenze che, grazie alla sinergia dei soggetti coinvolti², ci ha permesso di valutare le caratteristiche del componente e di realizzare successivamente il suo prototipo, messo in opera presso il Nuovo Centro in Ambienti Virtuali e ICT della Camera di Commercio di Lucca.

In anni recenti si registrano nuove sperimentazioni nell'ambito della ricerca tecnologica dei sistemi di facciata finalizzate a dimostrare la possibilità di dotare le superfici di chiusura verticale ed orizzontale di soluzioni atte a garantire il dinamismo che consenta loro di gestire i flussi materici passanti alla stregua di un organismo biologico.

RICERCA/RESEARCH

Marco Sala
Dipartimento di Tecnologie
dell'Architettura e Design P.
Spadolini, I

Rosa Romano
Dipartimento di Tecnologie
dell'Architettura e Design P.
Spadolini, I

Building envelope innovation:
smart facades for non
residential buildings

Abstract. The research analyzes the evolution of smart façade systems in the area of design and industrial production, in order to investigate the technological, functional and qualitative standards of dynamic façade and evaluate the energy performance of the building envelope as a dynamic system that interacts between indoor and outdoor environment. The study focused on dynamic envelopes for office building analyzing the evolution of façade systems in terms of: building construction, innovative systems, smart materials, dynamic system. Aiming to improve building energy performances.

The research, developed during the PhD thesis "Smart Envelope - dynamic and innovative technologies for energy saving" and the research "Abitare Mediterraneo", aims to identify and define the energy performances of smart envelopes through the analysis of the state of art, related to dynamic building envelope of double skin façade, and the development of a new dynamic façade system.

Key words: Energy Saving, Dynamic Skin, Smart Envelopes, Renewable Energy

We have studied the evolution of double-skin façade systems to develop an innovative dynamic façade for the Mediterranean climate that can change its technological configuration and energy performance in every seasons. The new façade system has been developed with the collaboration of the inter-university research centre ABITA¹ and other researchers and professionals² that participated at the phases of energy evaluation and realization of the prototype. In the last years many researches have been made to compare architectural façade systems with biological systems, able to change configuration and to control the energy performance of buildings. Toyo Ito and Greg Lynn, for

Dalle architetture di Toyo Ito agli edifici organici di Greg Lynn le nuove frontiere della sperimentazione in architettura sono orientate a proporre nuovi modelli dell'abitare in cui l'organismo edilizio sia capace di garantire, anche in autonomia, il comfort dei suoi utenti.

Le architetture adattive possono essere considerate l'ultima frontiera della ricerca architettonica contemporanea e sono sempre più connesse alla volontà di proporre nuovi modelli d'involucro dinamico che contribuiscano alla riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio, rendendolo strettamente dipendente dalle condizioni climatico-ambientali esterne, e sono costituiti da componenti che ne incrementano la capacità di variare conformazione in relazione alla necessità di regolare i flussi di energia termica, luminosa, sonora passanti.

I principi ordinatori che hanno accompagnato lo sviluppo del concept del componente di facciata dinamico possono essere quindi identificati come risposta ai seguenti temi di ricerca:

- definizione di nuove soluzioni di involucro attivo, capaci di favorire la riduzione dell'impatto ambientale dei sistemi legati al mondo delle costruzioni
- integrazione architettonica di un sistema di involucro edilizio a schermo avanzato capace di garantire buona illuminazione, regolazione termica, produzione di energia, ecc..., oltre naturalmente alle funzioni basilari di protezione dall'acqua e di controllo della temperatura
- sviluppo di un sistema modulare che permetta soluzioni estetiche architettoniche accattivanti e variabili in relazione alle necessità del progettista e garantisca una continuità geometrica alla facciata
- possibilità di integrare tecnologie per la produzione di energia rinnovabile
- capacità di garantire prestazioni termico igrometriche variabili in relazione al clima esterno.

Il componente di facciata proposto, costituito da una parte opaca e una trasparente, integra un sistema di pannelli scorrevoli su un telaio in alluminio; garantendo l'alternanza di elementi mobili a partiture fisse con tamponamento trasparente e opaco, nelle quali possono trovare alloggiamento pannelli fotovoltaici, pannelli solari termici o semplicemente dei materiali mediante traslucidi (ve-

example, have proposed new living models where buildings can change configuration at the same time of the outdoor climate conditions. The adaptive architectures can be considered the future of the contemporary architectural research and they can decrease the energy balance of buildings through the control of thermal energy, light energy and sound wave. The research has the following objectives:

- to classify intelligent and dynamic envelopes related to building production
- to set characteristics of technological systems and materials
- to identify design principles and operative tools for design and production of innovative building envelope
- to integrate renewable energy, in

form of photovoltaic and solar thermal panels

- to apply and test new and innovative energy saving technologies in order
- to improve the energy performance and the indoor environment of office buildings.

The smart skin developed in this research is a mobile double skin with a 50% opaque module, where a PV or solar thermal panel can be integrated, and a 50% transparent module. The façade consists of several parts 'dry' assembled with a window frame with an aluminum metal coating. The modules are dynamic and can change configuration because the façade is integrated with two mobile panels with a shading device and a glass panel. In front of the transparent module a metallic mosquito net is installed that allowing the window of

the transparent module to be opened at night to improve night cooling in the building during summer. The first idea of the design concept has been the development of dynamic and automatic system, that can change its configuration also without the regulation of building users, decreasing the energy consumption for heating and cooling. The dynamic façade system is an innovative solution and meets the current market needs in the building envelope sector. In the last years this market sector has been developing the envelopes that can change color and form in a short time and that can improve the building energy savings, ensuring a good thermal insulation, and decreasing the production cost.

Technological features

The smart envelope is a unitized

tri serigrafati, TIM, PCM, ecc) capaci di incrementare le prestazioni termo igrometriche dell'intero componente.

La soluzione proposta garantisce una riduzione delle perdite di calore dovute ad un isolamento non ottimale o insufficiente dell'involucro trasparente, integrando nel sistema di facciata componenti trasparenti dai ridotti coefficienti di trasmittanza termica. I vetri basso emissivi assicurano un'elevata resistenza termica e consentono di mantenere un buon illuminamento naturale degli spazi confinati. Il sistema di schermatura riduce invece i carichi termici nei mesi estivi, garantendo comunque una buona illuminazione dello spazio interno grazie alla possibilità di regolare l'inclinazione delle lamelle della schermatura. L'idea iniziale è stata quella di sviluppare un sistema variabile che, se connesso ad un impianto di automazione, possa diventare parzialmente indipendente dalla gestione dell'utenza, garantendo la riduzione dei consumi energetici dovuti a riscaldamento – raffrescamento dell'edificio.

Il sistema di facciata dinamico proposto rappresenta, quindi, una soluzione innovativa, per le sue caratteristiche estetiche e tecnologiche, capace di rispondere in modo efficace alle richieste del mercato dei componenti di involucro per l'edilizia terziaria; mercato sempre più orientato a proporre architetture risolte con soluzioni di facciata capaci di cambiare colore e forma in poco tempo, garantendo il risparmio energetico, l'isolamento acustico, l'abbattimento dei costi di produzione.

Caratteristiche tecnologiche

Il sistema di facciata intelligente è stato concepito come un componente di involucro del tipo a celle (*unitized system*), assemblabile a secco in fabbrica e poi messo in opera nella configurazione finale in cantiere. Si tratta di un sistema di facciata caratterizzato da un disegno geometrico semplice e costituito da una parte vetrata e da una parte opaca, configurabili in modo variabile sia rispetto alla geometria di facciata che ai materiali scelti per realizzarne il tamponamento.

Ogni modulo è costituito da parti fisse e da parti mobili, attivabili all'occorrenza grazie a dispositivi manuali e/o automatici. I componenti scorrevoli, entrambi alloggiati all'interno di telai in alluminio, sono due:

– la schermatura in lamelle di alluminio

system module, 'dry' assembled and allows an easy installation on building site. This façade system has a simple geometric design made with two modules: transparent and opaque. The modules can be installed with different geometries and in their frames different types of materials with different colors can be placed.

The modules consist of fixed and mobile parts, that can be operated through automatic or manual controls. The mobile parts, placed in the aluminum frames, are:

– an aluminum shading device
– a transparent panel with stratified glass 4 + 4.

A vertical mosquito net is placed in front of the indoor transparent module and prevents the entrance of animals and insects in the office, while ensuring the night cooling.

The façade system is designed as a

double skin façade system, where it is possible to customize the indoor skin, the air gap and the outdoor panel.

The dynamic facade achieves good performances in the terms of:

– Thermal transmittance: the transparent indoor wall has a U value of 1,2 W/m²K and the opaque indoor wall has a U value of 0,3 W/m²K

– Acoustic insulation: 50dB

– Mechanical Resistance: the façade has a good fire resistance and mechanical properties and can be tested with accidental and dynamic loads

– Air and water permeability: the weather strip used in the frame avoids the formation of moisture and guarantees a good air proofness

– Maintainability: the modular elements enable to repair, with isolated actions of maintainability, the facade system without changing the global performance of the façade

The facade system uses a technological solution with the recessed panels. This mechanism allowed to hide in the aluminum box the mobile elements: the glass panel and the shading device. The recessed panel can bear a weight of 180 Kg.

The mosquito net formed by a metallic grid guarantees the window opening and the night ventilation in summer months in order to dissipate the heat stored in the office during the day. In the opaque outdoor module three PV panels can be installed that have an electrical energy production between 0,50 and 0,30 kWp. The energy production depends on orientation and localization of the façade system.

In winter the mobile glass panel is placed in front of the transparent module. So the smart facade will have the shape of a double skin facade with a buffer zone that increases its U value

– un'unità vetrata esterna in vetro stratificato 4+4.

Una zanzariera a scorrimento verticale è posta dinanzi all'infilso interno, per evitare l'ingresso di insetti o animali durante le ore notturne quando è prevista la ventilazione naturale dell'edificio.

Il sistema di facciata può essere assimilato ad una facciata doppia pelle trasparente, rispetto alla quale possono essere definite e personalizzate le caratteristiche della pelle interna, dell'intercapedine e della pelle esterna.

Il componente di facciata proposto, costituito da elementi lineari di sostegno ad elementi scatolari opachi e trasparenti, garantisce l'intercambiabilità di alcune parti (componente opaca e trasparente, pannelli scorrevoli) e permette di raggiungere buone prestazioni in termini di:

– trasmittanza termica; la sola parete interna presenta un valore di trasmittanza pari a 1,2 W/m²K nella componente trasparente e di 0,30 W/m²K nella componente opaca

– isolamento acustico; l'intero sistema garantisce un indice di isolamento acustico standardizzato della facciata di 50 dB grazie alle caratteristiche dei suoi componenti

– resistenza meccanica; con la capacità di resistere in modo soddisfacente a deformazioni indotte da carichi accidentali e dinamici ed una buona resistenza al fuoco

– permeabilità all'aria e al vapore; grazie alle soluzioni di raccordo adottate che evitano la formazione di condense e garantiscono un'ottima tenuta all'aria

– manutenibilità; incrementata dalla modularità dei sub-sistemi sui quali è possibile intervenire isolatamente senza compromettere la prestazione generale del componente.

Il componente di facciata intelligente consiste in una soluzione tecnologica che sfrutta le proprietà del sistema ad incasso, meccanismo che consente di far scomparire nella scatola in alluminio di contenimento gli elementi di cui è composta la finestra. L'elemento ad incasso è caratterizzato da carrelli della portata di 180 kg per anta, montati su un binario d'acciaio estraibile. A tali carrelli sono agganciati gli elementi mobili del sistema: il pannello contenente il sistema di schermatura e quello in cui è alloggiato il vetro stratificato.

La necessità d'integrare una rete per insetti metallica nasce dall'e-

to 0.6 W/m²K. In this configuration the façade guarantees a good thermal insulation and doesn't decrease the natural lighting into the work spaces. In summer the panel with the shading device is placed in front of the transparent module, regulating direct solar radiation and decreasing heat load in the office. The mosquito net is down so it is possible to obtain a natural ventilation in the indoor spaces all day long. The sun screen, made with mobile and metallic lamellae, allows to regulate the light and minimize the glare phenomena.

Energy Simulations

We have simulated the energy performance of the facade system using thermodynamic and lighting software. The dynamic energy simulations have been made in three

different climatic zones in Italy:

- Milan
- Florence
- Palermo

And compared to four cardinal directions:

- East
- South
- West
- North

We have built a virtual test room (3) that has a size of 5,00 x 5,00 x 3,00 m and has a wall where is possible to put the following façade systems (opaque and transparent):

1. Window with double glass and thermal break frame. Size: 3,00 x 1,35 (4) m.
2. Window with double glass and thermal break frame. Size: 3,00 x 2,50 m.

3. Glass curtain wall with double glass and thermal break frame. Size: 5,00 x 3,00 m.

4. Glass curtain wall with double glass, thermal break frame and external fixed shading device system with aluminum venetians . Size: 5,00 x 3,00 m.

5. Glass curtain wall with double glass, thermal break frame and external mobile shading device system with aluminum venetians . Size: 5,00 x 3,00 m.

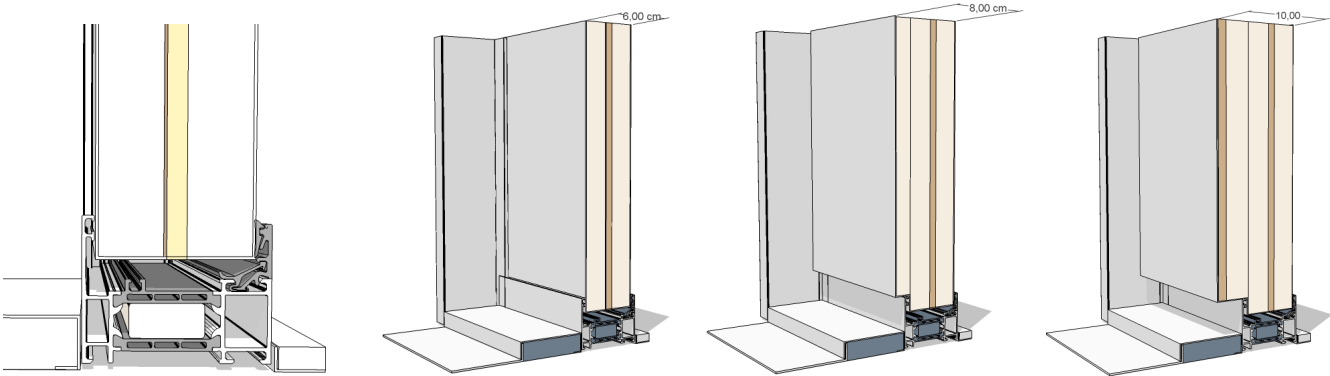
6. Double skin façade (unitized system typology) with natural ventilation of the buffer zone. Internal and external layers have size: 5,00 x 3,00 m.

7. Double skin façade (unitized system typology) with natural ventilation of the buffer zone and fixed shading device system located inside the buffer zone. Internal and external layers have size:

sigenza di garantire la parziale apertura degli infissi della pelle interna durante i mesi estivi, per permettere la ventilazione notturna dell'edificio e ridurre il carico termico accumulato durante il giorno. La 'zanzariera' è realizzata attraverso una maglia metallica che può essere caratterizzata da una texture diversa in relazione alle esigenze del progettista.

La componente opaca esterna è realizzata con un modulo multifunzionale che garantisce l'integrazione di tre pannelli fotovoltaici (o di altri materiali di tamponamento) posti orizzontalmente, i quali forniscono energia elettrica all'edificio per un carico di produzione stimato tra 0,50 a 0,30 kW_p in relazione all'orientamento ed alla localizzazione del pannello. La presenza dell'intercapedine d'aria contribuisce ad incrementare l'isolamento di tutto il componente opaco.

01 | Analisi delle prestazioni in termini di isolamento termico della componente opaca all'incremento dell'isolante termico
Analysis of thermal insulation performance of opaque component to the increase of the thermal insulation



Spessore pannello isolante (mm)	60	80	100
Spessore lastre di alluminio (mm)	4	4- 5	
Peso (Kg/m²)	9,2	10,6	12,1
U (W/m²K)	0,38	0,24	0,21
U (kcal/m²h°C)	0,28	0,21	0,18

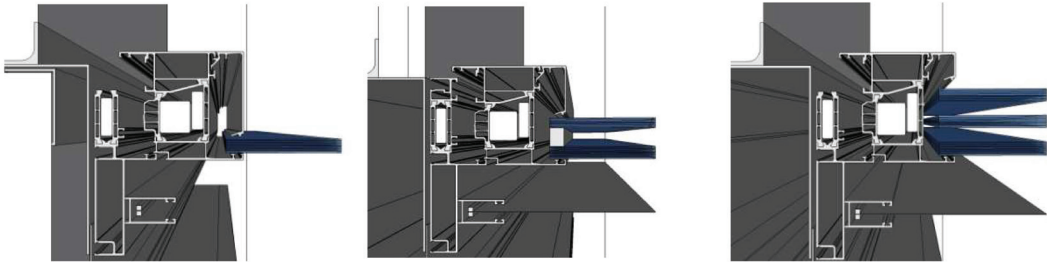
5,00 x 3,00 m.
8. Double skin façade (unitized system typology) with natural ventilation of the buffer zone and mobile shading device system located inside the buffer zone. Internal and external layers have size: 5,00 x 3,00 m.
9. Opaque curtain wall made with a insulated panel with rock wool (thickness 8,00 cm) and a window with double glass and thermal break frame. Window size: 3,00 x 1,35 m⁵.
10. Smart façade. Winter configuration.
11. Smart façade. Summer. configuration without shading device
12. Smart façade. Summer configuration with shading device.
The thermal simulations have been done with TRNSYS (TRaNsient System Simulation Program)⁶, analyzing for each situations the following

parameters:
– Primary energy for heating (Q_{heat}, kWh)
– Primary energy for cooling (Q_{cool}, kWh).
Then we have calculated:
– The total primary energy supply (kWh)
– Heating and cooling consumptions (€)
– Heating and cooling CO2 emissions (kg).
The simulations show that:
– In winter months for the smart facade, the primary energy supply for heating is lower than that required by a brick wall (Case 2, 50% of transparent module and 50 % of brick wall: 4500 kWh). The primary energy supply for the three cities chosen and the four cardinal direction is, in fact, of 4380 kWh.

But for the smart facade the energy primary need is bigger than that required by a glassed curtain wall and transparent double skin (Case 3: 3450 kWh and Case 6: 3750 kWh) because the solar heat gain decreases with decrease of transparent surface. When the mobile glass panel is placed in front of the transparent module the heating needs decrease by 5%. In the future, to improve the summer energy performances, it could be interesting to evaluate the input given by the use, in the mobile panel, of TIM or other change phases materials. The smart facade should be oriented toward south in the purpose to improve the solar heat gains and decrease the energy consumption for heating .
- In summer months the smart facade guarantees good energy performance and in the configuration with the shading device placed in front of the

Durante la stagione fredda il sistema di facciata garantisce elevate prestazioni in termini di trasmittanza termica, assicurando buone condizioni d'illuminazione, mediante la chiusura totale dell'involucro verso l'esterno. In questa stagione, infatti, il pannello contenente il vetro stratificato 4.4 sarà aperto e posizionato davanti alla componente interna trasparente (telaio in alluminio a taglio termico e doppio vetro basso emissivo), permettendo la formazione di una camera d'aria che contribuirà ad incrementare la trasmittanza termica della facciata (si stima che la presenza della camera d'aria riduca il fattore di trasmittanza termica da U:1,2 W/m²K a 0,6 W/m²K).

02 | Analisi delle prestazioni in termini di isolamento termico della componente trasparente in relazione al tipo di vetro adottato
Analysis of thermal insulation performance of transparent panel in relation to the type of glass adopted



Tipologia di vetratura	44.4	44.4 - 16-55.5	44.4 -12- 44.4 – 12 – 55.5
Intercapedine		Argon 90%	Argon 90%
Peso (kg/m²)	20,4	45,8	66,2
Spessore (mm)	8,0	31,0	51
Trasmisione %	71%	24%	13
Riflessione sterna %	7%	31%	35
Assorbimento A1 %	22%	37%	30
Assorbimento A2 %	-	7%	9
Assorbimento A3 %	-	-	12
Fattore solare g %	0,77	0,32	0,31
Shading coefficient SC %	0,88	0,37	0,36
Trasmisione termica (W/m²K)	5,70	1,1	0,8

transparent module the primary energy need is of 770,00 kWh (reduction by the 70% for the cooling), lower than that performed by a brick wall with a central window (Case 1: 1100,00 kWh) and also lower than that of a glass curtain wall or of a double skin with fixed or mobile shading devices (Case 4: 1500 kWh, Case 7: 895 kWh, Case 5: 1527 kWh and Case 8: 899,00 kWh). The smart facade should be oriented toward south or north so to reduce the thermal loads and the solar heat gains and decrease the energy consumption for cooling.

– The best orientation all year round, in Florence and Palermo, is south, with a reduction of primary energy for heating and cooling by 40%.

The lighting simulations have been made with the software Relux, with which it has been possible to evaluate

the average natural lighting in the test room. The simulations have show that the smart façade, that has a transparent module of size 1,50 by 3,00, allows to achieve the following results:

– Good performances in summer months, with an illumination of 592 lux

– Inadequate performances in winter months, when the glass panel is placed in front of the transparent module, with an illumination of 300 lux.

In order to reduce the energy consumptions for lighting, the smart façade should be located in the spaces where it is possible to have two windows located in opposing wall. It's also necessary to install a electronic light system that controls the artificial light and allows to switching on only the lights in the areas that aren't reached from the solar radiation.

Conclusions

The research has involved companies, leaders in the engineering and production of facades: Schuco, Metra, Permasteelisa, Focchi. The smart façade prototype was developed and realized by Davini, a Tuscan company, and was used in the construction of the south and east facades of the New Centre in virtual environments and ICT of Lucca Chamber of Commerce

The advice of the industrial companies has improved the technological solutions of the production process and of the construction phase.

The façade system has Schuco thermal break frame and Pilkington glass panels. This choice allowed us to reduce the cost of the smart façade, bringing it, without PV panels, at 850,00 €/m². This cost is the same of those with a traditional double skin.

In the next months, finally, we will

In estate il sistema, parzialmente apribile permette il controllo della ventilazione naturale e della radiazione solare oltre a consentire il night cooling, attraverso la presenza della zanzariera blindata che impedisce l'ingresso di insetti o animali dall'esterno e garantisce prestazioni di sicurezza, accentuate dall'integrazione di un sistema di controllo di presenza di tipo informatico, agli spazi interni. In entrambe le stagioni e nei periodi intermedi il sistema di schermatura, costituito da lamelle in alluminio orientabili montate su telaio scorrevole, permetterà di regolare il flusso luminoso in entrata all'interno dell'edificio.

Verifica delle prestazioni attraverso simulazioni dinamiche

La necessità di analizzare il comportamento energetico del componente intelligente ci ha indotti a valutare le sue prestazioni attraverso il supporto di un'analisi condotta con software di simulazione termodinamica e illuminotecnica che ci permettessero di valutarne le caratteristiche termo-igrometriche e di trasmissione luminosa della radiazione solare in tre zone climatiche d'Italia:

Milano, Firenze, Palermo

e rispetto a quattro orientamenti cardinali:

Est, Sud, Ovest, Nord

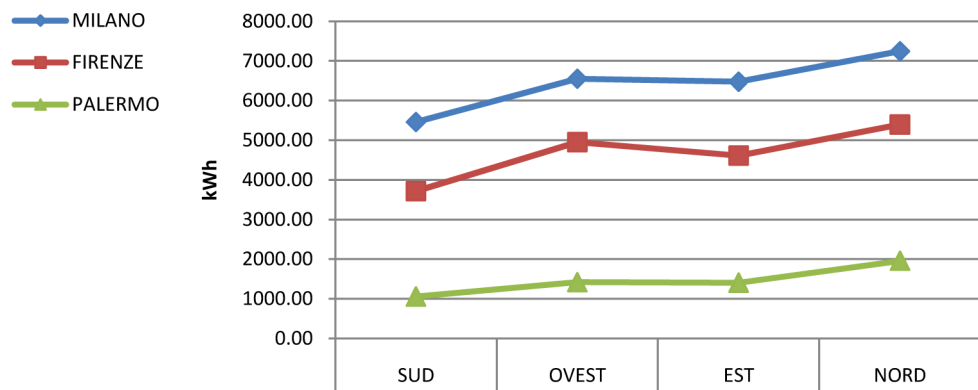
Le simulazioni sono state condotte costruendo una test room virtuale³ di dimensioni 5,00 x 5,00 x 3,00 m con una parete destinata ad ospitare i seguenti componenti di facciata opachi e trasparenti:

1. Finestra doppio vetro basso emissivo con telaio a taglio termico di dimensioni 3,00 x 1,35⁴ m.
2. Finestra doppio vetro basso emissivo con telaio a taglio termico di dimensioni 3,00 x 2,50 m.
3. Facciata continua trasparente monostrato con tamponamento in vetro bassoemissivo e telaio in alluminio a taglio termico di dimensioni 5,00 x 3,00 m.
4. Facciata continua trasparente monostrato con tamponamento in vetro-bassoemissivo e telaio in alluminio a taglio termico di dimensioni 5,00 x 3,00 m e sistema di schermatura fisso esterno costituito da lamelle in alluminio.
5. Facciata continua trasparente monostrato con tamponamento in vetro bassoemissivo e telaio in alluminio a taglio termico di dimensioni 5,00 x 3,00 m e sistema di schermatura mobile esterno costituito da lamelle in alluminio, considerato nel contributo della sola presenza estiva.

03 | Componente di facciata dinamico. Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento
Smart facade system. Primary energy need for heating

04 | Componente di facciata dinamico. Fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento senza schermatura
Smart facade system. Primary energy need for cooling without shading device

05 | Componente di facciata dinamico. Fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento con sistema di schermatura
Smart facade system. Primary energy need for cooling with shading device



03 |

6. Doppia pelle del tipo cell rooms con ventilazione naturale costituita da facciata interna continua trasparente con tamponamento in vetro basso-emissivo e telaio in alluminio a taglio termico di dimensioni 5,00 x 3,00 m e facciata esterna in vetro e struttura in alluminio 5,00 x 3,00 m.

7. Doppia pelle del tipo cell rooms con intercapedine ventilata naturalmente costituita da facciata interna continua trasparente con tamponamento in vetro basso-emissivo e telaio in alluminio a taglio termico di dimensioni 5,00 x 3,00 m, facciata esterna in vetro e struttura in alluminio 5,00 x 3,00 m., e sistema di schermatura fisso collocato nell'intercapedine costituito da lamelle in alluminio.

8. Doppia pelle del tipo cell rooms con intercapedine ventilata naturalmente costituita da facciata interna continua trasparente con tamponamento in vetro basso-emissivo e telaio in alluminio a taglio termico di dimensioni 5,00 x 3,00 m, facciata esterna in vetro e struttura in alluminio 5,00 x 3,00 m, e sistema di schermatura mobile collocato nell'intercapedine costituito da lamelle in alluminio, considerato nel contributo della sola presenza estiva.

9. Facciata continua opaca con tamponamento in alluminio coibentato con 8,00 cm di lana di roccia e finestra con doppio vetro basso emissivo e telaio in alluminio a taglio termico di dimensioni 3,00 x 1,35 m⁵.

10. Smart Façade nella configurazione invernale.

11. Smart Façade nella configurazione estiva senza sistema di schermatura.

12. Smart Façade nella configurazione estiva con sistema di schermatura.

Le simulazioni sono state condotte con il software TRNSYS (TRaNsient System Simulation Program)⁶, che ci ha permesso di valutare per ognuno dei casi analizzati:

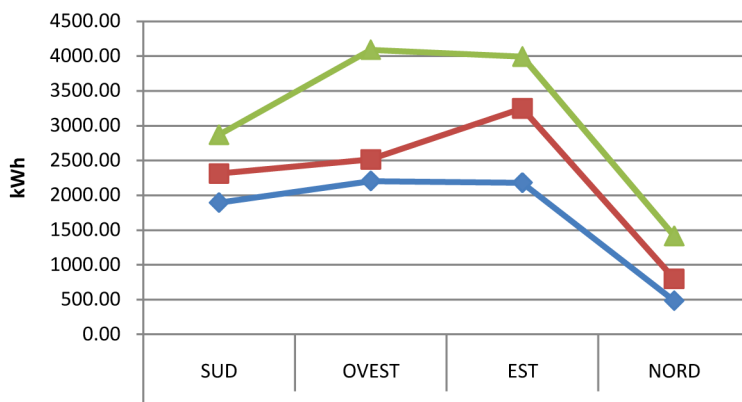
- il Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento (Q_{heat} , kWh)

- il Fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento (Q_{cool} , kWh).

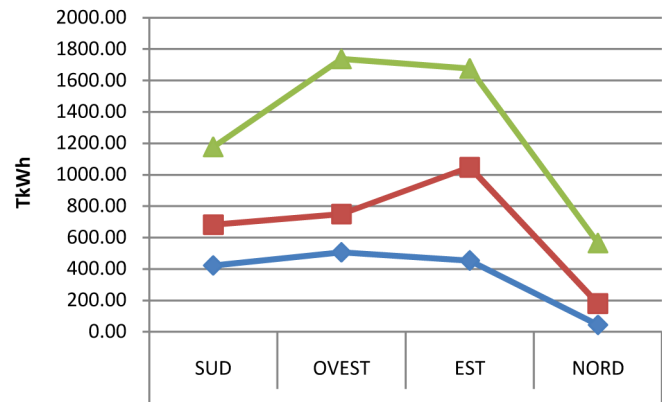
Da cui abbiamo ricavato:

- Il fabbisogno di energia primaria totale (kWh)

- I Consumi energetici per riscaldamento e raffrescamento (€)



04 |



05 |

– Le Emissioni di CO₂ per il riscaldamento ed il raffrescamento (kg).

Le simulazioni hanno dimostrato che:

– Nei mesi invernali, il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento dell'involucro dinamico è inferiore a quello di una partitura di facciata con le stesse caratteristiche geometriche ma realizzata in muratura tradizionale (Caso 2: 50% di componente finestrata e 50% di componente in muratura: 4500 kWh) attestandosi, per le tre località scelte ed i quattro orientamenti considerati, intorno a 4380 kWh. Il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento risulta superiore a quello di una facciata trasparente monostrato e di una doppia pelle trasparente (Caso 3: 3450 kWh e caso 6: 3750 kWh), poiché al diminuire della superficie trasparente si riduce anche il contributo passivo degli apporti solari. È interessante notare che la configurazione del componente con pannello di vetro aperto permette di ridurre del 5% il fabbisogno termico invernale. Per incrementare la prestazione invernale senza compromettere i risultati raggiunti nella valutazione del contributo dato al fabbisogno di energia primaria nei mesi estivi, potrebbe essere interessante in futuro valutare il contributo dell'adozione di materiali a cambiamento di fase traslucidi per tamponare i pannelli della componente opaca fissa e soprattutto del pannello mobile, nel quale nella soluzione proposta è stato alloggiato un vetro stratificato 4+4. Se si vuole incrementare il contributo degli apporti solari passivi per ridurre i consumi per il riscaldamento è preferibile orientare il modulo di facciata verso sud.

– Nei mesi estivi l'involucro dinamico garantisce ottime prestazioni in termini di riduzione del fabbisogno di energia primaria per il raffrescamento nella configurazione con pannello schermante aperto e collocato dinanzi alla partitura trasparente, con un fabbisogno della test room virtuale che si assesta intorno a 770,00 kWh, addirittura inferiori a quelli di una facciata in muratura tradizionale con finestra centrale (caso 1: 1100,00 kWh), e sicuramente meno elevati di quelli di una facciata monostrato in vetro e ad una doppia pelle trasparente con sistema schermante fisso (Caso 4: 1500 kWh, Caso 7: 895,00 kWh) o mobile (Caso 5: 1527 kWh, Caso 8: 899,00 kWh). Il pannello di schermatura mobile garantisce inoltre, rispetto alla stessa soluzione d'involucro senza

analyze the real performances of the smart façade applied to the construction of the building in Lucca and in the test cell in Florence, evaluating its energy behavior in the Mediterranean climate.

NOTES

¹ The main objectives of ABITA activities are to promote, organize and develop research activities in the field of systems and architectural technologies and in the transformation of the built and natural environment. ABITA promotes the collaboration with industry with the goal of developing innovative and energy - efficient envelope systems.

² The smart facade has been developed through:

Concept design. Have participated

at this stage: prof. Marco Sala, arch. Alessio Rullani, arch. Rosa Romano and arch. Diego Cosentino. Arch. Diego Cosentino has analyzed a first concept for the dynamic façade on occasion of his thesis: Dynamic envelope in Architectural: a case study of a modular façade system for the energy saving. Supervisor prof. Marco Sala, Supervisor assistant arch. Rosa Romano.

Analysis of technological solution: Advice engineer has been Paolo Nobile, Schueco Padova

Energy simulation with TRNSYS. Have participated at this stage: prof. Maurizio De Lucia and ing. Davide Fissi, Energy Department Luigi Stecco of the University of Florence.

The prototype was developed and realized by DAVINI s.r.l, Lucca

Integration of component in the building project of the New Centre in Virtual Environments and ICT Chamber of Commerce of Lucca, which is currently under construction.

³ The virtual test room consists of insulated walls to ensure the performance of transmittance and thermal inertia scheduled for opaque vertical and horizontal closure by the Decree 192/2005 and subsequent amendments. The air exchange provided in the simulation is in accordance with the provisions of the UNI 10339: 1995 for office space, achieved by natural ventilation, was considered 0.6 h⁻¹. The temperature indoors has been planned: 21 degrees in winter, 26 ° in summer months. At this early stage of simulations we have not considered the contribution of internal

sistema di ombreggiamento (Caso 11: 2970 kWh), una riduzione di circa il 70% del fabbisogno di energia primaria dell'edificio per il raffrescamento. Se si vuole ridurre il carico termico sull'involucro, favorendo la riduzione dei consumi per il condizionamento estivo, è opportuno orientare il modulo di facciata verso sud o verso nord.

L'orientamento più favorevole durante tutto l'arco dell'anno risulta essere quello a sud, con riduzione del 40% del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento ed il raffrescamento, rispetto ad orientamenti ad est ed ovest a Firenze e Palermo.

In merito alle simulazioni condotte con il software Relux, per valutare l'efficacia del componente di facciata dinamico in relazione alla riduzione dei consumi energetici legati all'illuminazione naturale, i risultati hanno dimostrato che la Smart Façade, caratterizzata da due aperture di dimensioni 1,50 x 3,00 m garantisce:

- buone prestazioni nei mesi estivi (con valori di illuminamento dell'ordine di 592 lux)
- prestazioni insufficienti nei mesi invernali quando alla superficie trasparente viene sovrapposto il pannello esterno in vetro i valori di illuminamento risultano di circa 300 lux.

Risulta quindi fondamentale prevedere la collocazione di questo tipo di facciata in spazi rispetto ai quali sia possibile avere un'apertura finestrata contrapposta a quella del fronte in cui alloggia il componente e preferibilmente dotati di un sistema di controllo elettronico dell'illuminazione artificiale, che garantisca l'accensione dei corpi illuminati solo nelle zone della stanza che non sono raggiunte dalla radiazione solare diretta e che presentano insufficienti fattori di illuminamento.

Conclusioni L'attività di ricerca è stata caratterizzata nella fase propositiva dal coinvolgimento delle aziende leader nella produzione di componenti di facciata complessi – Schueco, Metra, Permasteelisa, Focchi – che ci ha permesso di avviare la collaborazione con l'azienda toscana Davini S.r.l., con la quale è stato realizzato il prototipo di facciata che è stato conseguentemente applicato nell'edificio del nuovo polo tecnologico di Lucca.

La collaborazione con il settore industriale ha permesso di indagare in modo più adeguato le problematiche legate al processo pro-

06 | Prototipo fronte esterno
Smart Façade. Prototype

loads in global energy demand.

⁴ Equal to 30% of the outer surface of the wall and in accordance with the Ministerial Decree of 5 July 1975, more than one-eighth of the inner surface analyzed.

⁵ Equal to 30% of the outer surface of the wall and in accordance with the Ministerial Decree of 5 July 1975, more than one-eighth of the inner surface analyzed.

⁶ TRNSYS software was developed by the University of Wisconsin - Madison Solar Energy Lab and the University of Colorado Solar Energy Applications Lab.

06 |



duttivo, aiutandoci a definire le soluzioni tecniche maggiormente prestazionali per la sua messa in opera. Il sistema di facciata è stato infatti realizzato con profilati in alluminio a taglio termico della serie Schueco AWS 75 e tamponamenti in vetro della Pilkington. La scelta di utilizzare componenti già in produzione ci ha permesso, inoltre, di ridurre i costi del sistema di chiusura verticale doppia pelle, il cui costo, senza tamponamento della componente opaca in pannelli fotovoltaici, è di circa 850,00 €/m², paragonabile a quello di un sistema di facciata doppia pelle statico.

La ricerca dimostra come la collaborazione tra il settore scientifico ed il mondo della produzione industriale permetta di sviluppare progetti di innovazione tecnologica che possano trovare una reale applicazione nel mondo delle costruzioni, garantendo risparmi energetici per la climatizzazione degli edifici. La possibilità di realizzare il prototipo e di mettere in opera il componente in un'applicazione concreta ci permetterà nei prossimi mesi di monitorarne realmente le prestazioni, valutando la sua reale efficacia energetica in un clima temperato come quello mediterraneo.



07 | Integrazione del componente di facciata nel Nuovo Centro in ambienti virtuali e ICT della Camera di Commercio di Lucca
The dynamic envelope in east facade of the New Centre in virtual environments and ICT of Lucca Chamber of Commerce

NOTE

¹ Il gruppo di ricerca ABITA di Firenze promuove da circa un ventennio attività d'indagine e sperimentazione scientifica nel settore dei componenti edilizi, favorendo l'interazione tra mondo scientifico e industriale al fine di sviluppare sistemi architettonici innovativi ed energeticamente efficienti.

² La fase operativa della ricerca, finalizzata alla creazione del prototipo, è stata sviluppata attraverso:

- Sviluppo del concept del componente di facciata. In questa fase la soluzione architettonica è stata verificata con il supporto del prof. Marco Sala, dell'arch. Alessio Rullani, dell'arch. Rosa Romano e dell'architetto Diego Cosentino (che ha analizzato una prima soluzione del componente in occasione della sua tesi di laurea: *Involucri Dinamici in Architettura: Caso Studio di un sistema modulare per il risparmio energetico*, Relatore Marco Sala, Correlatore Rosa Romano);

- Analisi della soluzione tecnologica adottata. Con la consulenza dell'ing. Paolo Nobile della sede Schueco di Padova;

- Verifica delle prestazioni, in termini di riduzione del fabbisogno energetico di un ambiente confinato mediante simulazioni effettuate con il software TRNSYS su un modello virtuale. Nella fase di simulazione energetica abbiamo potuto avvalerci della collaborazione del prof. Maurizio De Lucia e dell'ing. Davide Fissi, del Dipartimento di Energetica Luigi Stecco della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Firenze;

- Realizzazione del prototipo e prima valutazione delle caratteristiche funzionali del componente. Il prototipo e la verifica funzionale del componente dinamico di facciata sono state sviluppate in collaborazione con l'azienda Davini s.r.l. di Lucca;

- Integrazione del componente nel progetto dell'edificio del Nuovo Centro in Ambienti Virtuali e ICT della Camera di Commercio di Lucca, attualmente in fase di costruzione.

³ Pari al 30% della superficie esterna della parete e in conformità con il Decreto Ministeriale del 5 luglio 1975, maggiore di un ottavo della superficie interna analizzata

⁴ Pari al 30% della superficie esterna della parete e in conformità con il Decreto Ministeriale del 5 luglio 1975, maggiore di un ottavo della superficie interna analizzata

⁵ La test room virtuale è costituita da pareti isolate in modo da garantire le prestazioni di trasmittanza ed inerzia termica previste per chiusure opache verticali ed orizzontali dal DLgs 192/2005 e successive modifiche. Il ricambio d'aria previsto nel calcolo, in conformità a quanto stabilito dalla Norma UNI 10339:1995 per gli spazi per uffici, ottenuto mediante ventilazione naturale, è stato considerato pari a 0,6 h⁻¹. La temperatura interna degli ambienti è stata prevista: di 21° nei mesi invernali; 26° nei mesi estivi. In questa prima fase di simulazioni non abbiamo considerato il contributo dei carichi interni al fabbisogno energetico globale, limitandoci ad assimilare il modello virtuale ad una test cell tradizionale.

⁶ Il software TRNSYS è sviluppato dall'Università del Wisconsin - Madison Solar Energy Lab e dall'Università del Colorado Solar Energy Applications Lab.